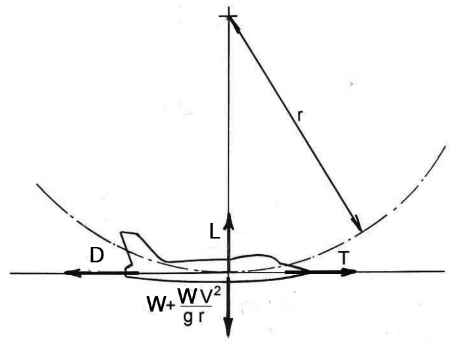
VOLO NON UNIFORME NEL PIANO DI SIMMETRIA

ESERCIZIO - Un velivolo avente massa totale $M = 6200\ kg$, apertura alare $b = 11\ m$, corda media $c = 2\ m$, coefficiente di resistenza minimo $C_{D0} = 0.020$, rendimento elica $\eta = 0,85$, scende in affondata alla velocità $V = 670\ km/h$; il pilota mantenendo costante la velocità alla quota $z = 1000\ m$ compie una richiamata raggiungendo un fattore di carico $n = 6$. Al termine della manovra il pilota pone il velivolo su una traiettoria orizzontale mantenendo costante l'assetto. Calcolare:

- il coefficiente di portanza nella richiamata;
- il raggio di curvatura della traiettoria;
- la potenza necessaria e la potenza motore per effettuare la richiamata;
- la velocità del volo orizzontale;
- la potenza necessaria e la potenza motore nel volo orizzontale.

SVOLGIMENTO - In richiamata è



$$L = nW \rightarrow L = 6 \times 6200 \times 9.8 =$$
$$= 364\,560\ N$$

In richiamata, poiché la $V = cost$, si ha:

$$L = C_L S \tfrac{1}{2} \rho V^2 \rightarrow C_L = \frac{2L}{S \rho V^2}$$

$$C_L = \frac{2 \times 364\,560}{(11 \times 2) \times 1.1124 \times \left(\frac{670}{3.6}\right)^2} = 0.860$$

All'equilibrio è:
$$W + \frac{WV^2}{gr} = L \rightarrow W\left[1 + \frac{V^2}{gr}\right] = L$$

$$\frac{L}{W} = 1 + \frac{V^2}{gr} \quad \text{ovvero} \quad n = 1 + \frac{V^2}{gr}$$

$$n - 1 = \frac{V^2}{gr} \Rightarrow r = \frac{V^2}{g(n-1)}$$

Quindi

$$r = \frac{\left(\frac{670}{3.6}\right)^2}{9.8 \times (6-1)} = 706,9 \text{ m}$$

- Calcolo della potenza necessaria e della potenza motore per effettuare la richiamata. Perché

$$D = T \Rightarrow \Pi_m = \Pi_d$$

Calcoliamo la $C_D = C_{D0} + \frac{C_L^2}{\pi AR} = 0.020 + \frac{0.860^2}{\pi \times \frac{11}{2}} = 0.0629$

$$\Pi_n = D \cdot V = \left(C_D S \tfrac{1}{2} \rho V^2\right) V = C_D S \tfrac{1}{2} \rho V^3 =$$

$$= 0.0629 \times (11 \times 2) \times \frac{1}{2} \times 1.1124 \times \left(\frac{670}{3.6}\right)^3 =$$

$$= 4961,59 \text{ kW}$$

$$\Pi_m = \frac{\Pi_n}{\eta} = \frac{4961.59}{0.85} = 5837.16 \text{ kW}$$

La V.O.R.U. è - si tenga conto che l'assetto è costante:

$$V = \sqrt{\frac{2W}{\rho S C_L}} = \sqrt{\frac{2 \times 6200 \times 9.8}{1.1124 \times 22 \times 0.861}} = 75,98 \frac{m}{s} = 275.3 \text{ km/h}$$

$$\Pi_n = \frac{1}{2}\rho V^3 S C_D = \frac{1}{2} \times 1.1124 \times (75.98)^3 \times 22 \times 0.0629 =$$

$$= 337{,}60 \text{ kW}$$

$$\Pi_m = \frac{\Pi_n}{\eta} = \frac{337.60}{0.85} = 397{,}18 \text{ kW}$$

ESERCIZIO - Un velivolo avente massa $M = 5300$ kg, superficie alare $S = 21 m^2$ esegue una picchiata durante la quale il variometro segna una velocità $w = 85$ m/s e l'anemometro una velocità indicata $V_i = 390$ km/h. Alla quota $z = 2000$ m il velivolo viene richiamato e, mantenendo costante la velocità, esso compie un arco di cerchio giacente nel piano di simmetria. Sapendo che la richiamata si effettua ad assetto per cui $C_L = 0.96$ e l'efficienza è $E = 12{,}3$, calcolare:

- la pendenza della traiettoria in picchiata β_p alla quota $z = 2000$ m;
- il fattore di carico raggiunto in richiamata;
- il raggio della richiamata;
- la potenza necessaria

Supponendo che il pilota disponga il velivolo in una rampa in salita mantenendo costante la potenza e l'assetto determinare lo angolo di rampa β_s.

SVOLGIMENTO - In picchiata, è:

$$w = V \sin\beta \longrightarrow \beta = \arcsin\frac{w}{V}$$

Poiché le velocità devono essere coerenti (entrambe vere o entrambe indicate)

$$V_{TAS} = \frac{V_{IAS}}{\sqrt{\delta}} \qquad \text{ovvero} \qquad V = \frac{V_i}{\sqrt{\delta}}$$

A $z = 2000$ m è $\delta = \rho/\rho_0 = 0.82162$ ovvero $1/\sqrt{\delta} = 1.1033$

Quindi

$$V_i = 390 \text{ km/h} = 108.33 \text{ m/s} \Rightarrow V = 108.33 \times 1.1033 = 119{,}52 \text{ m/s}$$

$$\beta_p = \arcsin \frac{95}{119{,}52} = 52{,}64^\circ$$

Per il calcolo del fattore di carico in richiamata, è:

$$n = \frac{L}{W} = C_L S \frac{1}{2} \rho V^2 \frac{1}{W} =$$

$$= \frac{1}{5300 \times 9{,}8} \times 0.96 \times 21 \times \frac{1}{2} \times 1.0065 \times 119{,}52^2 = 2.79$$

$$r = \frac{V^2}{g(n-1)} = \frac{119{,}52^2}{9{,}8 \times (2{,}79-1)} = 814{,}33 \text{ m}$$

La potenza necessaria in richiamata è:

$$T = D \Rightarrow \Pi_n = D \cdot V$$

$$D = C_D S \frac{1}{2} \rho V \quad \text{ovvero, poiché} \quad \frac{C_L}{C_D} = E \Rightarrow C_D = \frac{C_L}{E} = 0.078$$

$$D = 0.078 \times 21 \times \frac{1}{2} \times 1.0065 \times 119{,}52^2 = 11775{,}49 \text{ N}$$

$$\Pi_n = D \cdot V = 11775{,}49 \times 119{,}52 = 1407 \text{ kW}$$

Calcolo dell'angolo di rampa in salita. Il pilota, durante la salita, mantiene costante l'assetto ($C_L = 0.96$ e $C_D = 0.078$) e la potenza, la potenza disponibile per la salita (Π_d) è uguale a quella necessaria per la richiamata:

$$\Pi_{d,s} = \Pi_n = 1407 \text{ kW}.$$

Per la richiamata è:

$$T = D + W \sin\beta$$

ovvero

$$\Pi_D = \Pi_n + W \sin\beta \, V$$

Allora

$$\frac{\Pi_D - \Pi_{n,0}}{W} = w = V \sin\beta$$

Seguiremo un procedimento iterativo. In prima approssimazione supporremo che il velivolo sia in V.O.R.U. Si ha:

$$\Pi_n = \Pi_{n,0} = C_D \, S \, \tfrac{1}{2} \rho V^3 \qquad \text{dove} \qquad V = \sqrt{\frac{2W/S}{\rho C_L}} = \sqrt{\frac{2 \times 5300 \times 9.81}{21 \times 1.0065 \times 0.96}}$$

$$= 71.59 \text{ m/s}$$

$$\Pi_n = \frac{1}{2} \times 0.078 \times 21 \times 1.0065 \times (71.59)^3 = 302 \text{ kW}$$

La velocità ascensionale è data da:

$$w = \frac{(1407 - 302)\,1000}{5300 \times 9.8} = 21.27 \text{ m/s}$$

Quindi

$$\sin\beta = \frac{w}{V} \Rightarrow \beta = \arcsin\left(\frac{21.27}{71.59}\right) = 17.28°$$

Si può calcolare un valore migliore di β, scrivendo:

$$L = W \cos\beta \Rightarrow C_L S \frac{1}{2} \rho V^2 = W \cos\beta$$

da cui

$$V = \sqrt{\frac{2 W \cos\beta}{S \rho C_L}} = \sqrt{\frac{2 \times 5300 \times 9,8 \times \cos(17,28)}{21 \times 1.0065 \times 0.96}} = 69,92 \, m/s$$

e quindi

$$\beta = \arctan\left(\frac{21,27}{69,92}\right) = 17,71^\circ$$